

ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПОДІЛУ В МОДЕЛЮВАННІ АНТЕННО-ФІДЕРНОГО ПРИСТРОЮ

Ткач Л. О.; Зінченко М. В., к.т.н.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Питання моделювання роботи антенно-фідерних пристроїв в умовах конкретних середовищ та діючих шумів є досить актуальним, адже якість виконаних робіт на цьому етапі конструювання визначає остаточний успіх телекомунікаційних пристроїв.

Розділимо антену на два окремих пристрої. Нехай перший перетворює електромагнітні коливання в напругу на вході радіоприймача (РП). Другий формує діаграми спрямованості (ДС) та поляризації. Тоді математичну модель першого пристрою можна представити як залежність рівня сигналу на вході РП від напруженості поля в місці розташування антени:

$$P = S_{\text{еф}} \Pi,$$

де $S_{\text{еф}} = \lambda^2 G / (4\pi)$ — ефективна поверхня антени, м^2 ; λ — довжина діючої хвилі, м ; G — коефіцієнт підсилення антени [1].

Потужність сигналу на вході РП становить:

$$P = S_{\text{еф}} \Pi = \frac{S_{\text{еф}} E^2}{R_0} = \frac{S_{\text{еф}} E^2}{120\pi} = \lambda^2 G E^2 / (480\pi^2), \quad (1)$$

де Π — щільність потоку потужності діючого сигналу, Вт/м ; R_0 — опір вільного простору, $(120\pi \text{ Ом})$. У логарифмічному вигляді та з урахуванням втрат у фідері вираз (1) прийме вигляд:

$$P = E - 20 \lg f + G - \eta - 77 \quad (2)$$

де P — рівень на вході РП, дБ (мВт) ; f — частота, МГц ; E — значення напруженості електромагнітного поля в місці розташування антени РП, дБ (мкВ/м) ; G — коефіцієнт підсилення антени, дБ ; η — втрати у фідері, дБ .

У загальному випадку коефіцієнт підсилення антени РП може бути представлений у вигляді:

$$G = G(\vartheta, \varphi, f_0) + C + H \quad (3)$$

де $G(\vartheta, \varphi, f_0)$ — значення коефіцієнта підсилення антени РП для робочої смуги частот антени і заданої поляризації з урахуванням ДС антени; C — поправка на частотну залежність ДС антени (для частот побічних випромінювань і побічних каналів прийому); H — поправка для різних поляризацій передавальної і приймальної антен [2, 3].

Модель ДС антени будується по перетинах в горизонтальній і вертикальній площинах $G_z(\varphi)$, $G_\theta(\vartheta)$ згідно виразу:

$$G(\vartheta, \varphi) = \frac{[\varphi_1 G_{\varphi_2} + \varphi_2 G_{\varphi_1}] \frac{\vartheta_1 \vartheta_2}{(\vartheta_1 + \vartheta_2)^2} + [\vartheta_1 G_{\vartheta_2} + \vartheta_2 G_{\vartheta_1}] \frac{\varphi_1 \varphi_2}{(\varphi_1 + \varphi_2)^2}}{(\varphi_1 + \varphi_2) \frac{\vartheta_1 \vartheta_2}{(\vartheta_1 + \vartheta_2)^2} + (\vartheta_1 + \vartheta_2) \frac{\varphi_1 \varphi_2}{(\varphi_1 + \varphi_2)^2}} \quad (4)$$

де

$$\varphi_1 = |\varphi|; \varphi_2 = \pi - \varphi_1; \vartheta_1 = \vartheta;$$

$$\vartheta_2 = \begin{cases} \pi - \vartheta, & \text{при } \vartheta > 0 \\ \pi + \vartheta, & \text{при } \vartheta < 0 \end{cases}; G_{\vartheta_1} = \begin{cases} G_B(\pi/2), & \text{при } \vartheta > 0 \\ G_B(-\pi/2), & \text{при } \vartheta < 0 \end{cases};$$

$G_{\vartheta_2} = G_z(\varphi); G_{\varphi_2} = G_\varphi(\vartheta_2); \vartheta \in [-\pi, \pi], \varphi \in [-\pi, \pi]$ — вертикальний і горизонтальний кути спрямованості головної пелюстки. Горизонтальна і вертикальна ДС задаються лінійною інтерполяцією по характерних точках в логарифмічному масштабі.

На рис. 1 показана виконана у середовищі MathCad 14 тривимірна візуалізація наведеної математичної моделі (визначеної виразами (2), (3) та (4)) ДС для приймальної та передавальної антен систем зв'язку стандарту GSM.

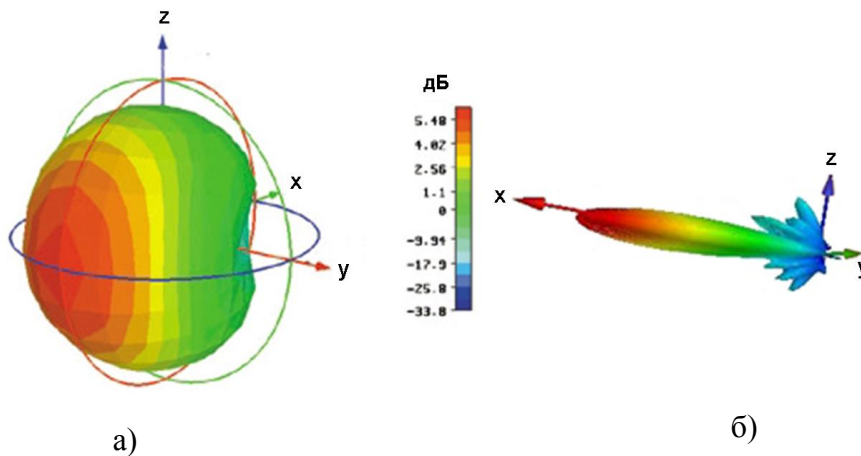


Рисунок 1. 3D візуалізація ДС антен:
а) приймальна антена; б) передавальна антена

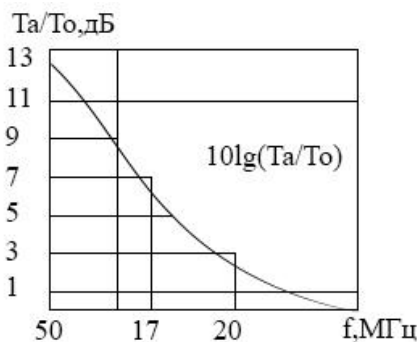


Рисунок 2. Відносна шумова температура антени

температура антени, дБ.

Також під час моделювання важливою є оцінка сумарного впливу природних зовнішніх шумів в роботі РП [4]. Тому доцільним стає розрахунок ефективної шумової температури антени T_a , при якій теплові шуми опору дорівнюють опору випромінювання антени r_a . Потужність шумів природних зовнішніх завад $P_{ША}$ (дБмВт) знаходять за формулою:

$$P_{ША} = -144 + 10lg\Delta f_3 + T_A^*$$

де Δf_3 — смуга фільтра проміжної частоти РП за рівнем -3 дБ, T_A^* — відносна шумова тем-

$$T_A^* = 10 \lg \left(\frac{T_A}{T_0} \right), T_0 = 290K$$

Приклад залежності T_A^* від частоти представлено на рис. 2, причому ефективна температура антени визначена з урахуванням теплових шумів навколишнього середовища та шумів опору втрат антени. Зазначимо, що вплив природних зовнішніх шумів доцільно враховувати в діапазоні частот до 200 МГц.

Таким чином, застосування функціонального поділу в моделюванні антенно-фідерного пристрою дозволяє достатньо точно врахувати конкретні умови середовища та діючі шуми.

Перелік посилань

1. Гончаренко И. В. Антенны КВ и УКВ. Часть II. Основы и практика / И. В. Гончаренко. – М.: ИП РадиоСофт, 2005, – 288 с.
2. Анисимов Л. А. Инструментальные погрешности измерения коэффициентов усиления по полной мощности апертурных антенн произвольной поляризации СВЧ и КВЧ диапазонов / Л. А. Анисимов, М. Д. Хейман, Л. А. Пасманик // Радиоизмерения и электроника. – Н. Новгород : ФГУП «ННИПИ «Кварц», 2004. – № 11. – С. 83–89.
3. Дональд Р. Ж. Уайт. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи / Дональд Р. Ж. Уайт. – М.: Советское радио, 1977. – 271 с.
4. Немировский М. С. Помехоустойчивость радиосвязи / М. С. Немировский. – М.-Л.: Энергия, 1966. – 296 с.

Анотація

Розглянуто застосування функціонального поділу в моделюванні антенно-фідерного пристрою, що дозволяє достатньо точно врахувати конкретні умови середовища та діючі шуми. Проведена оцінка сумарного впливу природних зовнішніх шумів в роботі радіоприймального пристрою.

Ключові слова: антенно-фідерний пристрій, діаграма спрямованості, шумова температура.

Аннотация

Рассмотрено применение функционального раздела в моделировании антенно-фидерного устройства, которое позволяет достаточно точно учесть конкретные условия среды и действующие шумы. Проведена оценка суммарного влияния природных внешних шумов в работе радиоприёмного устройства.

Ключевые слова: антенно-фидерное устройство, диаграмма направленности, шумовая температура.

Abstract

The application of the functional division in the simulation of antenna-feeder device that allows quite accurately to take into account the specific environmental conditions and noise operating is examined. The estimation of the cumulative effect of natural external noise in work of the radio-receiving device is done.

Keywords: antenna-feeder device, the directivity pattern, noise temperature.